

УДК 629.7

І.В. Масненко, студент гр. ПБ-91мп, Сірош В.О. студент гр. ПБ-71

к.т.н., доц. Стельмах Н.В.

КПІ ім. Ігоря Сікорського

ПРОЕКТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ КАРКАСНОГО ТИПУ МЕТОДОМ ТОПОЛОГІЧНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ

Анотація. У даній статті розглянуто застосування SIMP-методу топологічної оптимізації, для проектування технології виготовлення конструкції каркасного типу. Наведено постановку завдання для оптимізації конструкторської моделі та виконано її відповідне CAE моделювання в середовищі «FUSION 360» Отримані результати свідчать про можливість зниження маси вихідного виробу на 56%.

Ключові слова: топологічна оптимізації, метод пеналізації для твердого ізотропного тіла, технологічний процес, навантаження, SIMP-метод

ВСТУП

Методи і засоби оптимізації конструкцій знаходять все більше застосування в промисловості, в тому числі і в приладобудівній галузі. Зниження маси і збільшення питомої міцності виробів – найактуальніші завдання сьогодення, які стоять перед інженерами всього світу. Рішення даних проблем безпосередньо пов'язане з завданням пошуку оптимальних геометричних параметрів виробів, що проектуються. В даний час для вирішення цього завдання досить успішно використовуються методи топологічної оптимізації. Застосування методик оптимального проектування дозволяє знайти найкращі параметри конструкції, що задовольняють технологічним і обмеженням по міцності, забезпечуючи таким чином, мінімум цільової функції. [1].

Застосування методів топологічної оптимізації в приладобудівній галузі є відносно новим підходом процедури проектування. Основними завданнями топологічної оптимізації (ТО), при проектуванні деталей, можуть бути як мінімізація об'єму та маси при фізичних обмеженнях, так і оптимізація інших параметрів з заданими геометричними обмеженнями.

В наш час ще досить часто застосовують конструкції відносно застарілого типу, які виготовленні з занадто великим запасом міцності, що в свою чергу робить деталі важкими, а технологічний процес трудомісткий та тривалий [2,3].

ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

Конструкція каркасного типу «rackmaund» складається з 3 типових деталей (рис. 1): юнітова стійка (рис. 1 п. 1), п-подібна деталь (рис. 1 п. 2), та направляюча (рис. 1 п. 3), всі деталі у кількості 4 штук. Матеріал даних деталей – листова сталь марки 08КП, 2мм та 3 мм товщини. При складанні використовують 40 гвинтів М6 та виконують 84 різьбонарізні операції та 16 установчих, для установки запресовочних гайок, що є доволі складним та трудомістким технологічним процесом. Загальна маса початкового виробу складає 6,3 кілограма.

Завдання полягає у максимально можливому зниженні ваги виробу за умови, що навантаження, які повинна витримувати конструкція складає 20G.

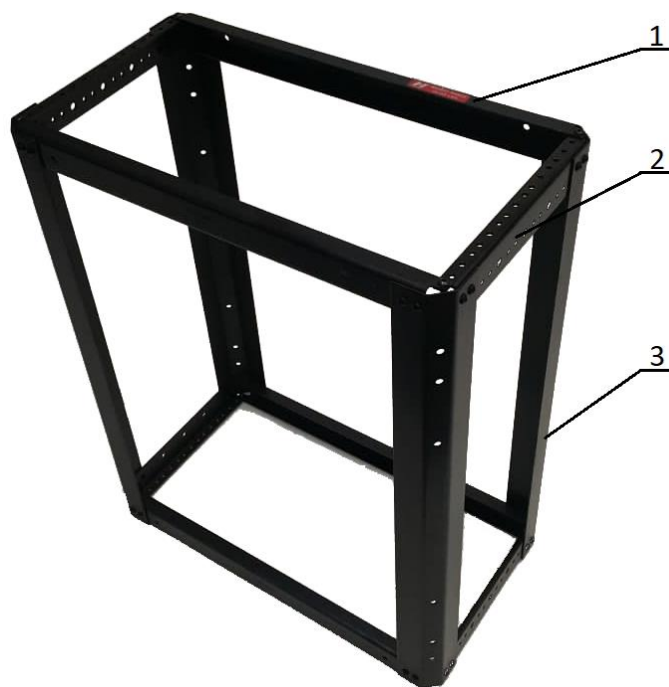


Рис. 1. Конструкція каркасного типу«rackmaund»

1 - п-подібна деталь , 2- юнітова стійка, 3 – направляюча

ПРОЦЕДУРА ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

В результаті аналізу початкової конструкції та ТП її виготовлення було запропоновано відмовитись від 60 кріпильних точок для обладнання, які були отримані різьбонарізним способом та замінити їх на 60 монтажних гайок, а в місцях з'єднання елементів конструкції замість гвинтових з'єднань застосовувати заклепки антивібраційного структурного типу.

Для вирішення даного завдання було застосовано SIMP-метод (Solid Isotropic Material with Penalization), метод пеналізації для твердого ізотропного тіла, - це метод ТО, основна ідея якого полягає в створенні поля віртуальної щільності, що представляє аналог деякої реальної характеристики об'єкта. Призначення методу полягає в оптимальному перерозподілі матеріалу конструкції для усіх ділянок моделі, що не обмежена граничними умовами (рис.2). Для розрахунку оптимізованої моделі, було застосовано засоби САПР «FUSION 360» та його модуль CAE «GENERATIVE DESIGN». Також для цієї моделі була врахована сила притиску кожної заклепки, яка становить 180кгс [4].

Було встановлено граничні умови, а саме необхідно забезпечити незмінність геометричних форм виробу та кріпильні точок конструкції, для корпусу та обладнання. В результаті було виділено три основні опорні вузли каркасу, перший кутові елементи, адже вони містять з'єднувальні отвори деталей та витримують основне навантаження, другий це лицева та задня сторона виробу, через конструктивні особливості закріплення обладнання та третій - 8 точок кріплення до захисного корпусу, в який монтується дана конструкція каркасного типу

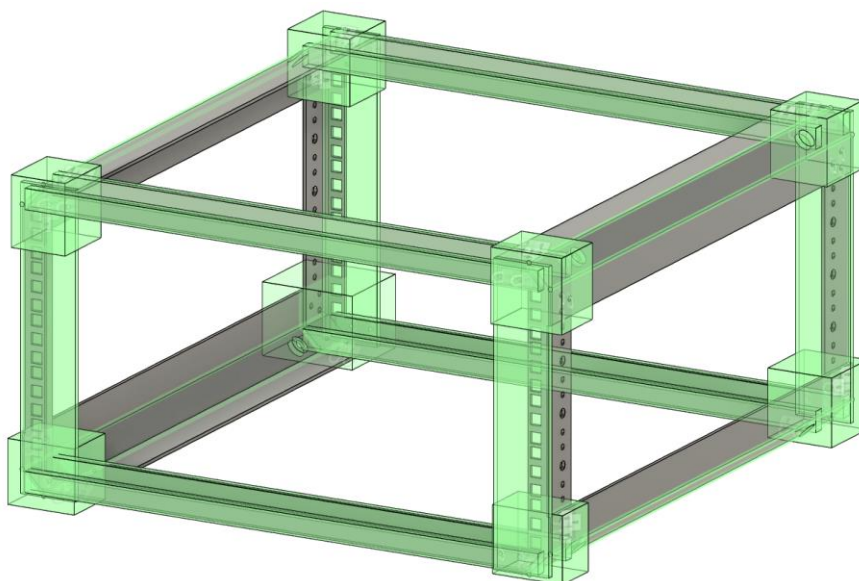


Рис. 2. Ділянки конструкції, обмежені граничними умовами

Згідно з завданням було проведено виконано розрахунок навантажень, які діють на об'єкт дослідження з силою 20G, при цьому було обрано оптимальні матеріали для конструктивних елементів виробу: п-подібна деталь – листова нержавіюча сталь марки AISI 304 товщиною 1,5мм, юнітова стійка - листова нержавіюча сталь марки AISI 304 товщиною 3мм,, направляюча -листовий алюміній марки АД0 (1050) товщиною 3мм (рис. 3).

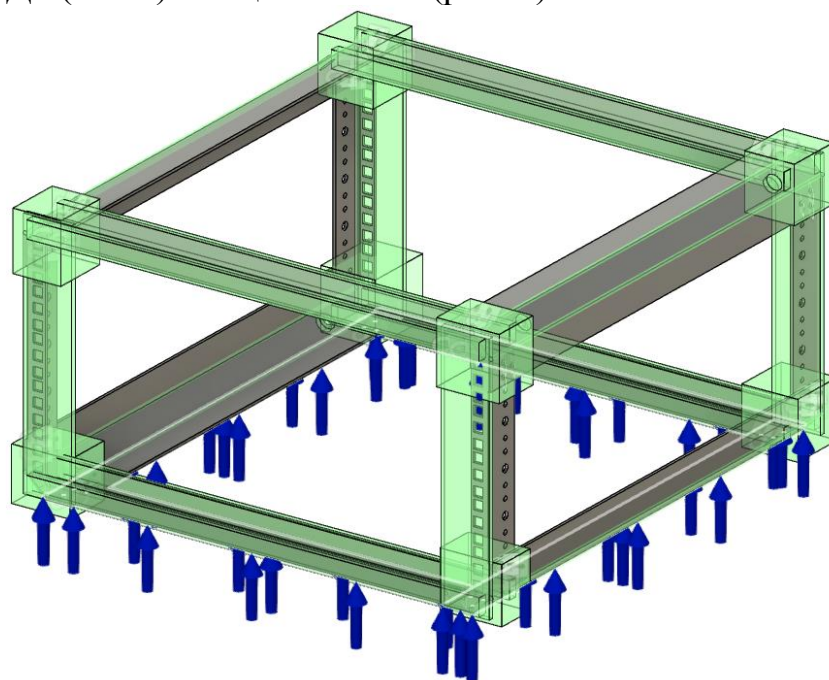


Рис. 3. Розподіл робочих навантажень конструкції при заданих граничних умовах

Після виконання САЕ розрахунку було отримано оптимізовану модель, яка представлена новою конфігурацією конструктивних елементів виробу та при цьому витримує всі необхідні навантаження, при заданих граничних умовах. В результаті було отримано виріб, вагою 3.6 кг, що на 56% легше від початкового та збережено запас міцності каркасної конструкції.

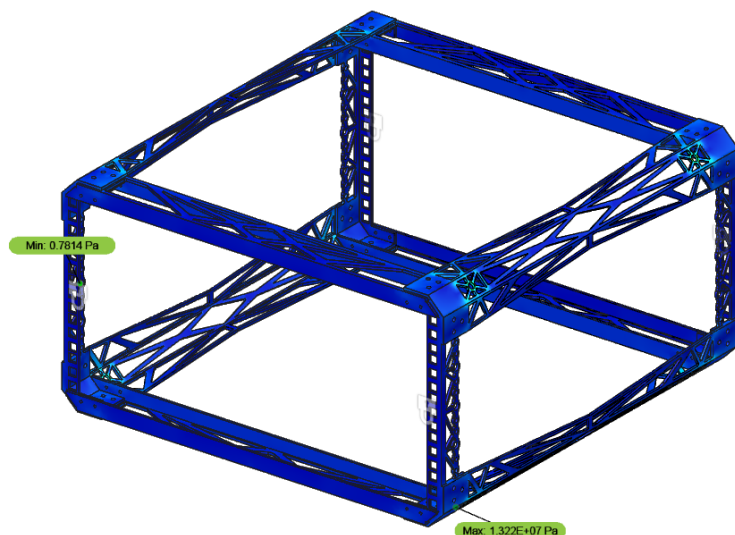


Рис. 4. Топологічно-оптимізована модель

ВИСНОВОК

В результаті виконання роботи було вирішене комплексне завдання по зменшенню маси виробу та оптимізації технологічного процесу виготовлення конструкції каркасного типу. Заміна матеріалів конструктивних елементів виробу та застосування SIMP-метод топологічної оптимізації продемонстрував свою ефективність при вирішенні завдань по зменшенню маси. Таким чином вдалось зменшити масу виробу на 56% меншу від початкової. Внесені зміни до технологічного процесу виготовлення конструкції каркасного типу зменшили його трудомісткість

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Yoon, Gil Ho (2010). "Topology optimization for stationary fluid-structure interaction problems using a new monolithic formulation". International Journal for Numerical Methods in Engineering. 82 (5): 591- 616.
- [2] Lundgaard, Christian; Sigmund, Ole (2018). "A density-based topology optimization methodology for thermoelectric energy conversion problems". Structural and Multidisciplinary Optimization. 57 (4): 1427–1442.
- [3] Мастенко І. В., Стельмах Н. В. Застосування топологічної оптимізації при проектуванні деталі типу кронштейн // XV Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Ефективність інженерних рішень у приладобудуванні», 10-11 грудня 2019 року, м. Київ, Україна : збірник праць конференції / КПІ ім. Ігоря Сікорського, ПБФ, ФММ. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019р. – С. 147–150.
- [4] Стельмах Н., Сапон С., Рижук Я. Вибір оптимального технологічного процесу на базі автоматизованої оцінки його техніко-економічних параметрів. Технічні науки та технології. 2020. No 1 (19). С. 89-97. DOI:10.25140/2411-5363-2020-1(19)-89-97.

Наук. керівник – к.т.н., доц. Стельмах Н.В.